

**19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

Offenlegungsschrift  
DE 43 07 002 A 1

**(51) Int. Cl. 5:**  
**B 60 T 8/00**  
B 60 T 1/093  
B 60 K 41/20  
B 60 K 17/10

**21 Aktenzeichen:** P 43 07 002.7  
**22 Anmeldetag:** 5. 3. 93  
**43 Offenlegungstag:** 8. 9. 94

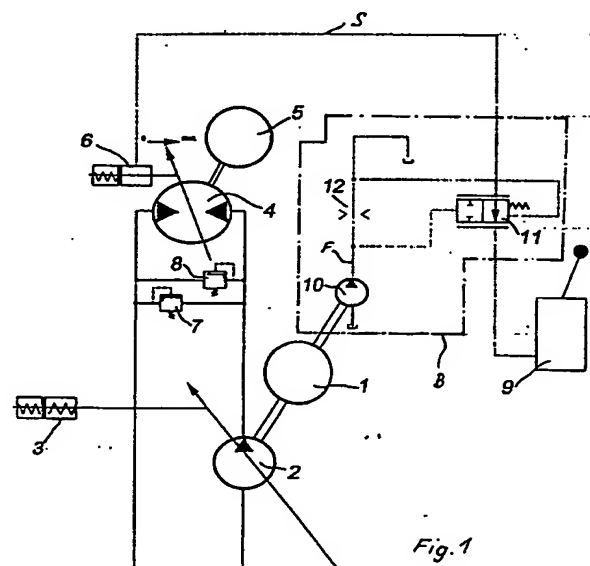
**DE 43 07 002 A 1**

⑦1 Anmelder:  
Linde AG, 65189 Wiesbaden, DE

**(72) Erfinder:**  
Beater, Peter, Dr., 8751 Haibach, DE; Fleckenstein,  
Franz, Dipl.-Ing., 8752 Mainaschaff, DE; Piper,  
Manfred, 8758 Goldbach, DE

**54) Verfahren zum Abbremsen eines Fahrzeugs mit hydrostatischem Fahntrieb und dafür vorgesehenes Fahrzeug**

57) Bei einem Verfahren zum Abbremsen eines Fahrzeugs mit hydrostatischem Fahrtrieb wird ein verstellbarer Hydromotor (4) des hydrostatischen Fahrtriebs in Richtung auf das größtmögliche Schluckvolumen verstellt. Hierbei wird die Bewegungsenergie des Fahrzeugs zum einen Teil in eine Antriebsmaschine (1) eingeleitet und zum anderen Teil durch Druckbegrenzungsventile (7, 8) im hydrostatischen Fahrtrieb abgebaut. Es wird vorgeschlagen, bei Überschreiten einer Grenzdrehzahl der Antriebsmaschine (1) während des Abbremsens die erreichte Schluckvolumeneinstellung des Hydromotors (4) so lange beizubehalten oder das Schluckvolumen so lange auf einen definierten Wert festzusetzen, bis die Grenzdrehzahl wieder unterschritten ist. Daran anschließend wird die Verstellung des Hydromotors (4) in Richtung auf das größtmögliche Schluckvolumen fortgesetzt. Das Schluckvolumen des Hydromotors (4) wird durch einen Steuerdruck eingestellt, wobei der Steuerdruck zur Schluckvolumenerhöhung des Hydromotors (4) beim Bremsen verringert wird. Die Beeinflussung des Steuerdrucks bei Überschreiten der Grenzdrehzahl der Antriebsmaschine (1) erfolgt durch eine in Abhängigkeit von der Drehzahl der Antriebsmaschine (1) wirksame Bremsmoment-Begrenzungseinrichtung (B).



**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

**BUNDESDRUCKEREI 07. 94 408 036/355**

13/35

**BEST AVAILABLE COPY**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abbremsen eines Fahrzeugs mit hydrostatischem Fahrtrieb, bei dem zunächst ein verstellbarer Hydromotor des hydrostatischen Fahrtriebs in Richtung auf das größtmögliche Schluckvolumen verstellt wird, wobei die Bewegungsenergie des Fahrzeugs zum einen Teil in eine Antriebsmaschine eingeleitet und zum anderen Teil durch Druckbegrenzungsventile im hydrostatischen Fahrtrieb abgebaut wird. Die Erfindung betrifft aber auch ein dafür vorgesehenes Fahrzeug, nämlich ein Fahrzeug mit einer Antriebsmaschine und einem hydrostatischen Fahrtrieb, der eine Hydropumpe und einen im geschlossenen Kreislauf daran angeschlossenen Hydromotor mit verstellbarem Schluckvolumen aufweist, wobei die Bewegungsenergie des Fahrzeugs beim Abbremsen zum einen Teil in die Antriebsmaschine einleitbar und zum anderen Teil durch Druckbegrenzungsventile, die im hydrostatischen Fahrtrieb angeordnet sind, abbaubar ist, wobei das Schluckvolumen des Hydromotors zum Abbremsen vergrößierbar ist.

Fahrzeuge mit hydrostatischem Fahrtrieb sind seit langem bekannt. Für Arbeitsmaschinen, wie z. B. Gabelstapler, hat sich der hydrostatische Fahrtrieb mit geschlossenem Kreislauf als vorteilhaft erwiesen. Eine Antriebsmaschine, beispielsweise ein Dieselmotor, treibt eine hydrostatische Verstellpumpe, deren Druck- und Saugseite im geschlossenen Kreislauf mit den hydraulischen Ein- und Ausgängen eines Hydromotors verbunden ist. Abtriebsseitig ist der Hydromotor direkt oder unter Zwischenschaltung eines mechanischen Getriebes mit den Antriebsrädern der Arbeitsmaschine verbunden.

Es sind auch Ausgestaltungen bekannt, bei denen mehrere Hydromotoren parallel geschaltet sind. Darüber hinaus ist es auch möglich, mehrere Verstellpumpen einzusetzen. Die Fließrichtung und der Volumenstrom des Druckmittels wird durch die Verstellpumpe vorgegeben. Durch Verstellen des Fördervolumens der Verstellpumpe ist es möglich, mit dem Fahrzeug in beide Richtungen mit beliebig wählbarer Geschwindigkeit zu fahren.

Bei schweren Arbeitsmaschinen, z. B. solchen mit einem Leergewicht von mehr als 10 t, ist es üblich, einen Hydromotor mit verstellbarem Schluckvolumen einzusetzen (Sekundärverstellung). Beim Anfahren des Fahrzeugs wird das Schluckvolumen des Hydromotors auf den Maximalwert eingestellt und das Fördervolumen der Verstellpumpe ausgehend von Nullförderung langsam erhöht. Bei Erreichen des höchsten Betriebsdrucks im hydrostatischen Kreislauf wirkt am Hydromotor das höchstmögliche Anfahrmoment. Bis zu einer Geschwindigkeit von beispielsweise 25% der Maximalgeschwindigkeit des Fahrzeugs bleibt das Schluckvolumen des Hydromotors auf seinen Maximalwert eingestellt. Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs wird in diesem Fahrbereich ausschließlich durch das Fördervolumen der Verstellpumpe gesteuert. Ist das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe bei 25% der Maximalgeschwindigkeit des Fahrzeugs erreicht, so wird das Schluckvolumen des Hydromotors verringert, wodurch sich die Geschwindigkeit des Fahrzeugs bei gleichzeitig abnehmendem Antriebsmoment weiter erhöht. Das maximale Antriebsmoment ist in diesem Fahrbereich nicht mehr erforderlich. Das kleinstmögliche Schluckvolumen des Hydromotors wird bei ca. 50% der Maximalgeschwindigkeit des Fahrzeugs erreicht. Um die Geschwindigkeit

des Fahrzeugs bis auf den Maximalwert weiter steigern zu können, wird nunmehr die Drehzahl der Antriebsmaschine erhöht, bis die größtmögliche Geschwindigkeit des Fahrzeugs erreicht ist.

Beim Abbremsen wird der Verstellpumpe, dem Hydromotor und der Antriebsmaschine das Kommando gegeben, die für langsames Anfahren benötigten Stellungen einzunehmen, d. h. die Verstellpumpe wird in Richtung auf das Fördervolumen Null, der Hydromotor in Richtung auf das maximale Schluckvolumen und die Antriebsmaschine auf Leerlaufdrehzahl eingestellt. Auch bei plötzlichem Wegnehmen des Steuerdrucks vergeht eine bestimmte Zeit, bis die Verstellpumpe und der Hydromotor ihre Endstellungen eingenommen haben.

Es kehren sich daher die Verhältnisse um: Der Hydromotor wird zur Pumpe und die Verstellpumpe zum Motor. Bei Geschwindigkeitsverringern baut sich in der Leitung zwischen dem Hydromotor und der Verstellpumpe ein Druck auf, der die Verstellpumpe und somit die Antriebsmaschine antreibt. Folglich erhöht sich die Drehzahl der Antriebsmaschine. Es findet eine Umwandlung der Bewegungsenergie des Fahrzeugs in Bewegungsenergie der Antriebsmaschine, nämlich in Bewegungsenergie der rotierenden und/oder oszillierenden Massen statt.

Beim geringfügigen Abbremsen, insbesondere aus niedrigen Geschwindigkeiten hält sich der Anstieg der Drehzahl der Antriebsmaschine in Grenzen, da die Antriebsmaschine, insbesondere bei Ausbildung als Dieselmotor, in der Lage ist, ein Bremsmoment aufzubauen und folglich Energie abbauen kann. Es ergibt sich daher ein befriedigendes Bremsverhalten des Fahrzeugs.

Soll nun aber eine schwere Arbeitsmaschine aus hoher Geschwindigkeit abgebremst werden, so ist die Bewegungsenergie des Fahrzeugs sehr viel größer als die Bewegungsenergie, die die Antriebsmaschine aufzunehmen vermag. Daher ist eine weitere Möglichkeit erforderlich, um die Bewegungsenergie des Fahrzeugs abzubauen. Dies geschieht dadurch, daß im hydrostatischen Kreislauf Druckmittel über ein oder mehrere Druckbegrenzungsventile von der Hochdruck- zur Niederdruckseite geleitet wird. Die Bewegungsenergie des Fahrzeugs wird also sowohl durch Erhöhen der Drehzahl der Antriebsmaschine als auch durch Abspritzen am Druckbegrenzungsventil abgebaut, wobei der überwiegende Teil der Bewegungsenergie am Druckbegrenzungsventil umgesetzt wird.

Es hat sich nun herausgestellt, daß zwar auf die beschriebene Weise ein schweres Fahrzeug, also eine Arbeitsmaschine mit voller Beladung, aus höheren Geschwindigkeiten gut abbremsbar ist, nicht jedoch ein unbeladenes oder nur leicht beladenes Fahrzeug. Im letztgenannten Fall ergibt sich ein ungünstiges Bremsverhalten, denn das Fahrzeug wird mit einer unzulässigen Bremsverzögerung abgebremst. Es besteht daher die Gefahr, daß das Fahrzeug kippt oder zumindest die Last abgeworfen wird.

Aufgrund des großen Geschwindigkeitsbereiches und des großen Unterschiedes zwischen leerem und beladenem Fahrzeug ist es mit einem gattungsgemäßen Bremsverfahren nicht möglich, eine Abstimmung zu finden, bei der das Fahrzeug weder zu stark noch zu schwach abgebremst wird.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art und ein dafür geeignetes Fahrzeug zur Verfügung zu stellen, bei dem das Bremsverhalten weitgehend unabhängig ist

von der Fahrgeschwindigkeit dem Beladungszustand des Fahrzeugs.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß bei Überschreiten einer Grenzdrehzahl der Antriebsmaschine während des Abbremsens die erreichte Schluckvolumeneinstellung des Hydromotors so lange beibehalten oder das Schluckvolumen so lange auf einen definierten Wert festgesetzt wird, bis die Grenzdrehzahl wieder unterschritten ist, woraufhin die Verstellung des Hydromotors in Richtung des größtmöglichen Schluckvolumens fortgesetzt wird. Der erfindungswesentliche Gedanke besteht demnach darin, ein zu starkes Abbremsen des Fahrzeugs durch eine Beeinflussung des Schluckvolumens des Hydromotors zu vermeiden, wobei diese Beeinflussung durch die Drehzahl der Antriebsmaschine ausgelöst wird. Hierbei wird davon ausgegangen, daß sich das Bremsmoment aus dem Produkt von Schluckvolumen und Druck ergibt. Das höchste Bremsmoment wird demzufolge dann aufgebracht, wenn dem Hydromotor die Einstellung mit größtmöglichem Schluckvolumen gegeben ist und der Druck im hydrostatischen Kreislauf so hoch ist, daß das Druckbegrenzungsventil anspricht. Erfindungsgemäß wird der Druck auf diesem Wert belassen, während das Schluckvolumen des Hydromotors zur Verringerung des Bremsmoments auf einen definierten Wert festgesetzt wird. Hierbei wird im einfachsten Fall, nämlich dann, wenn die Antriebsmaschine normal hochläuft, lediglich das erreichte Schluckvolumen beibehalten. Sofern die Antriebsmaschine langsamer hochläuft als im normal angenommenen Auslegungsfall, wird das Schluckvolumen des Hydromotors auf einen gegenüber der bereits erreichten Einstellung verringerten Wert zurückgesetzt. Läuft die Antriebsmaschine schneller als im normal angenommenen Auslegungsfall hoch, so wird das Schluckvolumen auf einen gegenüber der bereits erreichten Einstellung erhöhten Wert gesetzt. Das erfindungsgemäße Bremsverfahren greift erst bei größeren Fahrgeschwindigkeiten, bei denen die Bewegungsenergie des Fahrzeugs so groß ist, daß eine bestimmte Grenzdrehzahl der Antriebsmaschine überschritten wird.

Das erfindungsgemäße Bremsverfahren kann sowohl hydraulisch-mechanisch als auch elektrisch/elektronisch realisiert werden. Beispielsweise kann die Drehzahl der Antriebsmaschine berührungslos erfaßt und bei Überschreiten der Grenzdrehzahl durch ein elektrisch angesteuertes Ventil das Schluckvolumen des Hydromotors beeinflusst werden, nämlich derart, daß das Schluckvolumen konstant gehalten oder auf einen definierten Wert gesetzt wird. Darüber hinaus ist auch ein Eingreifen möglich, wenn zwischen der Soll- und der Istzahl der Antriebsmaschine eine vorgegebene Differenz überschritten wird.

Das Fördervolumen der Verstellpumpe und das Schluckvolumen des Hydromotors sowie die Drehzahl der Antriebsmaschine werden in der Regel von einem Steuerdruckgeber in Abhängigkeit der vom Fahrer gewünschten Geschwindigkeit gesteuert.

Hierbei wird ein Steuerdruck in einem Steuerdruckgeber erzeugt, das Schluckvolumen des Hydromotors durch den Steuerdruck eingestellt und der Steuerdruck zur Schluckvolumenerhöhung des Hydromotors beim Bremsen verringert. In Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß der Steuerdruck durch eine in Abhängigkeit von der Drehzahl der Antriebsmaschine wirksame Bremsmoment-Begrenzungseinrichtung beeinflusst wird. Obwohl also zu Beginn des Bremsvor-

gangs vom Steuerdruckgeber das Kommando Nullförderung für die Verstellpumpe und maximales Schluckvolumen für den Hydromotor vorgegeben wird und sich dementsprechend der Steuerdruck abbauen müßte, wird hier eingegriffen und erfindungsgemäß der Steuerdruck zunächst auf einen bestimmten Wert festgesetzt.

Bei einem gattungsgemäßen Fahrzeug wird dies mit Vorteil dadurch erreicht, daß eine bei Überschreiten einer Grenzdrehzahl der Antriebsmaschine wirksame, die erreichte Schluckvolumeneinstellung des Hydromotors bis zum Unterschreiten der Grenzdrehzahl beibehaltende oder das Schluckvolumen bis zum Unterschreiten der Grenzdrehzahl auf einen definierten Wert festsetzende Bremsmoment-Begrenzungseinrichtung vorgesehen ist.

Sofern der Hydromotor eine Verstellvorrichtung zur Einstellung des Schluckvolumens aufweist, die entgegen einer in Richtung des größtmöglichen Schluckvolumens wirksamen Federkraft mit Steuerdruck beaufschlagbar und an eine mit einem Steuerdruckgeber in Verbindung stehende Steuerdruckleitung angeschlossen ist, erweitert sich als günstig, wenn die Bremsmoment-Begrenzungseinrichtung zur Beeinflussung des Steuerdrucks in der Steuerdruckleitung ausgebildet ist.

Im Hinblick auf günstige Herstellkosten und eine zuverlässige Funktion ist es vorteilhaft, wenn die Bremsmoment-Begrenzungseinrichtung eine von der Antriebsmaschine angetriebene Konstantpumpe aufweist, in deren Förderleitung eine Meßblende angeordnet ist, sowie ein an den Steuerdruckgeber angeschlossen, in der Steuerdruckleitung angeordnetes Wegeventil mit Sperr- und Durchflußstellung, das in Richtung zur Durchflußstellung von der Kraft einer Feder und einem vom Druck nach der Meßblende abgeleiteten Signal beaufschlagbar ist und in Richtung zur Sperrstellung mit einem vom Druck vor der Meßblende abgeleiteten Signal. Beim Abbremsen wird die Drehzahl der Antriebsmaschine nach oben getrieben.

Somit fördert die Konstantpumpe eine größere Menge Druckmittel und an der Meßblende entsteht ein erhöhter Druckabfall. Dieser Druckabfall ist ein Maß für die Drehzahl der Antriebsmaschine, so daß auf diese Weise das Überschreiten der Grenzdrehzahl detektiert werden kann. Übersteigt der Druckabfall an der Meßblende einen bestimmten, durch die Kraft der am Wegeventil wirkenden Feder vorgegebenen Wert, so schließt das Wegeventil. Der Druck in der Steuerdruckleitung zwischen dem Wegeventil und der Verstellvorrichtung zur Einstellung des Schluckvolumens kann sich daher nicht weiter abbauen. Die erreichte Schluckvolumeneinstellung bleibt somit erhalten. Die Feder am Wegeventil ist dabei zweckmäßigerweise so ausgelegt, daß das Wegeventil erst bei starkem Abbremsen aus Geschwindigkeiten oberhalb einer bestimmten Geschwindigkeit, beispielsweise 14 Kilometer pro Stunde, anspricht. Die Vergrößerung des Schluckvolumens des Hydromotors wird so lange verzögert, bis die Grenzdrehzahl wieder unterschritten ist.

Gemäß einer anderen günstigen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Steuerdruckleitung an den Ausgang eines Wechselventils angeschlossen ist, an dessen ersten Eingang der Steuerdruckgeber angeschlossen ist und dessen zweiter Eingang unter Zwischenschaltung einer Blende und eines stromab der Blende angeordneten Druckbegrenzungsventils mit dem Ausgang eines an die Konstantpumpe stromauf der Meßblende angeschlossen Wegeventils mit Sperr- und Durchflußstellung in Verbindung steht, das in Sperrstel-

lung von der Kraft einer Feder und einem vom Druck nach der Meßblende abgeleiteten Signal beaufschlagbar ist und in Durchflußstellung mit einem vom Druck vor der Meßblende abgeleiteten Signal. Das Wechselventil wählt den höheren der an den Eingängen anstehenden Drücke aus und gibt diesen an die Verstellvorrichtung zur Einstellung des Schluckvolumens weiter, so daß selbsttätig zwischen Fahren (Steuerdruck vom Steuerdruckgeber) und Bremsen (kein Steuerdruck vom Steuerdruckgeber; gegebenenfalls Druckmittel von der Konstantpumpe über geöffnetes Wegeventil) unterschieden wird. Beim Bremsen, wenn bei entsprechend großer Druckdifferenz an der Meßblende das Wegeventil in Öffnungsstellung geschaltet ist, fließt Druckmittel aus der Konstantpumpe über das Wegeventil, die nachgeschaltete Blende und das Wechselventil zur Verstellvorrichtung des Hydromotors. Das Druckbegrenzungsventil gibt dabei einen bestimmten Druck vor, während die Blende den durch das Wegeventil fließenden Druckmittelstrom begrenzt, da andernfalls der gesamte, von der Konstantpumpe geförderte Druckmittelstrom über das Druckbegrenzungsventil abfließen würde.

In beiden beschriebenen Ausgestaltungen der Erfindung kann das Wegeventil als in Zwischenstellungen drosselndes Wegeventil ausgebildet sein, wodurch stets ein langsames Einsetzen der Schluckvolumenbeeinflussung erfolgt.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der zweiten Ausgestaltung ist vorgesehen, daß die Federseite des Druckbegrenzungsventils mit einem vom Druckstromauf der Meßblende abhängigen Signal beaufschlagbar ist. Zum Öffnen des Druckbegrenzungsventils muß dann nicht nur die Vorspannkraft einer Feder, sondern eine zusätzliche, von der Drehzahl der Antriebsmaschine abhängige Kraft überwunden werden. Dadurch wird das Schluckvolumen in Abhängigkeit von der Differenz zwischen der Überdrehzahl und der Grenzdrehzahl der Antriebsmaschine eingestellt.

Bei einem Fahrzeug, insbesondere einem Flurförderzeug mit einer Hubhydraulik, ist es besonders günstig, wenn die Konstantpumpe als Pumpe für die Hubhydraulik vorgesehen ist, wodurch der Aufwand für die Bremsmoment-Begrenzung gering bleibt.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden anhand des in den Figuren schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 einen hydrostatischen Fahrtrieb eines erfindungsgemäßen Fahrzeugs;

Fig. 2a eine graphische Darstellung eines Bremsvorgangs bei einem Bremsverfahren des Standes der Technik;

Fig. 2b eine graphische Darstellung der Schluckvolumenverstellung des Hydromotors bei einem Bremsverfahren des Standes der Technik;

Fig. 3a eine graphische Darstellung des erfindungsgemäßen Bremsvorgangs;

Fig. 3b eine graphische Darstellung der Schluckvolumenverstellung des Hydromotors beim erfindungsgemäßen Bremsverfahren.

Fig. 4 einen hydrostatischen Fahrtrieb in einer anderen Ausgestaltung als der in Fig. 1 dargestellte Fahrtrieb;

Fig. 5 einen hydrostatischen Fahrtrieb gemäß Fig. 4 mit einer Weiterbildung der Erfindung

Fig. 1 stellt einen hydrostatischen Fahrtrieb eines erfindungsgemäßen Fahrzeugs dar. Eine Antriebsmaschine 1, beispielsweise ein Dieselmotor, treibt eine Ver-

stellpumpe 2, deren Fördervolumen mittels einer Verstelleinrichtung 3 einstellbar ist. Die Ansteuerung der Verstelleinrichtung 3 ist in der Figur nicht gezeigt. Die Verstellpumpe 2 ist mit einem Hydromotor 4 im geschlossenen Kreislauf verbunden. Der Hydromotor 4 treibt gegebenenfalls unter Zwischenschaltung eines Getriebes eine Antriebsachse oder dergleichen. Diese abtriebsseitige Baugruppe ist mit 5 bezeichnet. Das Schluckvolumen des Hydromotors 4 ist mittels einer Verstelleinrichtung 6 einstellbar. Druckbegrenzungsventile 7 und 8 ermöglichen bei Überschreiten des höchstmöglichen Drucks, z. B. 400 bar, im hydrostatischen Kreislauf, daß Druckmittel von der Hochdruck- zur Niederdruckseite fließt. Die Verstelleinrichtung 6 des Hydromotors ist über eine Steuerdruckleitung S mit einem Steuerdruckgeber 9 verbunden. Sofern in der Steuerdruckleitung S ein Steuerdruck ansteht, wirkt dieser in der Verstelleinrichtung gegen die Kraft einer Feder, die bestrebt ist, das Schluckvolumen des Hydromotors 4 auf den größtmöglichen Wert einzustellen. Der Steuerdruck verringert also ab einer bestimmten Druckhöhe, die von der Federkraft abhängt, das Schluckvolumen des Hydromotors 4.

Sofern der Steuerdruckgeber 9 auch die Verstelleinrichtung 3 der Verstellpumpe 2 mit Steuerdruck versorgt, ist das System so ausgelegt, daß mit steigendem Steuerdruck zunächst nur das Fördervolumen der Verstellpumpe 2 erhöht wird, während das Schluckvolumen des Hydromotors 4 infolge der Wirkung der Federkraft in der Verstelleinrichtung 6 auf den Maximalwert eingestellt bleibt. Beim Anfahren des Fahrzeugs ist also infolge der Federkraft in der Verstellvorrichtung 6 und eines nur geringen Steuerdrucks, der anfangs ausschließlich der Fördervolumenverstellung der Verstellpumpe 2 dient, das Schluckvolumen des Hydromotors 4 auf den Maximalwert eingestellt. Das Fördervolumen der Verstellpumpe 2 wird durch stetiges Steigern des Steuerdrucks ausgehend von Nullförderung langsam erhöht. Bei Erreichen des höchsten Betriebsdrucks im hydrostatischen Kreislauf wirkt am Hydromotor 4 das höchstmögliche Anfahrmoment.

Bis zu einer Geschwindigkeit von beispielsweise 25% der Maximalgeschwindigkeit des Fahrzeugs bleibt das Schluckvolumen des Hydromotors 4 auf seinen Maximalwert eingestellt. Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs wird in diesem Fahrbereich ausschließlich durch das Fördervolumen der Verstellpumpe 2 gesteuert. Ist deren maximales Fördervolumen bei 25% der Maximalgeschwindigkeit des Fahrzeugs erreicht, so wird durch weiteres Erhöhen des Steuerdrucks die Kraft der Feder in der Verstellvorrichtung 6 überwunden und folglich das Schluckvolumen des Hydromotors 4 verringert, wodurch sich die Geschwindigkeit des Fahrzeugs bei gleichzeitig abnehmendem Antriebsmoment weiter erhöht. Das maximale Antriebsmoment ist in diesem Fahrbereich nicht mehr erforderlich. Das kleinstmögliche Schluckvolumen des Hydromotors 4 wird z. B. bei ca. 50% der Maximalgeschwindigkeit des Fahrzeugs erreicht. Um die Geschwindigkeit des Fahrzeugs bis auf den Maximalwert weiter steigern zu können, wird nunmehr die Drehzahl der Antriebsmaschine 1 so lange erhöht, bis die größtmögliche Geschwindigkeit des Fahrzeugs erreicht ist.

Beim Abbremsen wird der Verstellpumpe, dem Hydromotor und der Antriebsmaschine das Kommando gegeben, die für langsames Anfahren benötigten Stellungen einzunehmen, d. h. durch Verringern des Steuerdrucks wird die Verstellpumpe in Richtung auf das För-

dervolumen Null, der Hydromotor in Richtung auf das maximale Schluckvolumen und die Antriebsmaschine auf Leerlaufdrehzahl eingestellt.

Es kehren sich daher die Verhältnisse um: Der Hydromotor 4 wird zur Pumpe und die Verstellpumpe 2 zum Motor. Bei Geschwindigkeitsverringern baut sich in der Leitung zwischen dem Hydromotor 4 und der Verstellpumpe 2 ein Druck auf, der die Verstellpumpe 2 und somit die Antriebsmaschine 1 antreibt. Folglich erhöht sich die Drehzahl der Antriebsmaschine 1. Es findet eine Umwandlung der Bewegungsenergie des Fahrzeugs in Bewegungsenergie der Antriebsmaschine 1, nämlich in Bewegungsenergie deren rotierenden und/oder oszillierenden Massen statt.

Beim geringfügigen Abbremsen, insbesondere aus niedrigen Geschwindigkeiten, hält sich der Anstieg der Drehzahl der Antriebsmaschine 1 in Grenzen, da die Antriebsmaschine 1, insbesondere bei Ausbildung als Dieselmotor, in der Lage ist, ein Bremsmoment aufzubauen und folglich Energie abbauen kann.

Beim Abbremsen aus hoher Geschwindigkeit ist die Bewegungsenergie des Fahrzeugs sehr viel größer als die Bewegungsenergie, die die Antriebsmaschine 1 aufzunehmen vermag. Es wird deshalb im hydrostatischen Kreislauf Druckmittel über das Druckbegrenzungsventil 7 bzw. 8 von der Hochdruck- zur Niederdruckseite geleitet. Die Bewegungsenergie des Fahrzeugs wird also sowohl durch Erhöhen der Drehzahl der Antriebsmaschine 1 als auch durch Abspritzen am Druckbegrenzungsventil 7 bzw. 8 abgebaut, wobei der überwiegende Teil der Bewegungsenergie am Druckbegrenzungsventil 7 bzw. 8 umgesetzt wird.

Der hydrostatische Kreislauf, insbesondere die Verstellcharakteristik des Hydromotors 4 ist so ausgelegt, daß bei voll beladenem Fahrzeug und einem Abbremsen aus hoher Geschwindigkeit ein befriedigendes Bremsverhalten mit einem ausreichenden Bremsmoment gewährleistet ist.

Sofern jedoch das Fahrzeug unbeladen ist oder nur eine leichte Last trägt, ist diese Bremscharakteristik unbefriedigend, da das Fahrzeug zu stark abgebremst wird.

Fig. 2a zeigt einen solchen Bremsvorgang in Form eines Diagramms. Dabei ist auf der Abszisse die Zeit in Sekunden aufgetragen. Auf der Ordinate ist die Geschwindigkeit von 0 bis 50 km/h aufgetragen und die Abbremsung von 0 bis 50%. Definitionsgemäß ist die Abbremsung das Verhältnis zwischen dem Bremsmoment und der auf der Achse oder den Achsen des Fahrzeugs ruhenden statischen Gewichtskraft. Die Fahrzeuggeschwindigkeit ist gestrichelt dargestellt, die Abbremsung in Vollinie.

Fig. 2b zeigt in Vollinie das Schluckvolumen des Hydromotors 4 über der Zeit und gestrichelt das Fördervolumen der Verstellpumpe 2. Auf der Ordinate ist dabei das Förder- bzw. Schluckvolumen der hydrostatischen Maschinen in cm<sup>3</sup> aufgetragen.

Zugrundegelegt sei in diesem Beispiel ein Fahrzeug mit einem Leergewicht von 13 Tonnen, das aus einer Geschwindigkeit von 22 km/h abgebremst wird. Das Bremsmoment sei jedoch auf ein Fahrzeuggewicht (Leergewicht + Nutzlast) von 22 Tonnen ausgelegt.

Das Schluckvolumen des Hydromotors 4 steigt linear mit der Zeit an, während das Fördervolumen der Verstellpumpe 2 linear mit der Zeit abnimmt (Fig. 2b). Zu Beginn des Bremsvorgangs erhöht sich zunächst der Druck im hydrostatischen Kreislauf bis zu dem Wert (beispielsweise 400 bar), bei dem das Druckbegren-

zungsventil 7 bzw. 8 öffnet. Dann steigt auch die Abbremsung linear mit der Zeit an. Es ergibt sich ein Maximalwert von in diesem Beispiel 44%, der als unzulässig hoch anzusehen ist.

Erfindungsgemäß ist nun eine Bremsmoment-Begrenzungsrichtung B vorgesehen. Diese weist in der Ausgestaltung nach Fig. 1 eine von der Antriebsmaschine 1 angetriebene Konstantpumpe 10 auf, in deren Förderleitung F eine Meßblende 12 angeordnet ist. In der Steuerdruckleitung S ist ein Wegeventil 11 mit einer Sperr- und einer Durchflußstellung angeordnet. Das Wegeventil 11, das sowohl als Auf-/Zu-Ventil als auch als Zwischenstellungen drosselndes Wegeventil ausgebildet sein kann, ist in Richtung zur Durchflußstellung von der Kraft einer Feder und dem Druck stromab der Meßblende 12 beaufschlagt. In Richtung zur Sperrstellung erfolgt eine Beaufschlagung durch den Druck stromauf der Meßblende 12. Wird beim Bremsen der Steuerdruck für die Verstellvorrichtung 6 des Hydromotors 4 vom Steuerdruckgeber 9 zurückgenommen und erhöht sich infolgedessen die Drehzahl der Antriebsmaschine 1, so fördert die Konstantpumpe 10 eine größere Menge an Druckmittel und an der Meßblende 12 entsteht ein erhöhter Druckabfall. Sobald der Druckabfall einen bestimmten, durch die am Wegeventil 11 wirkende Feder vorgegebenen Wert erreicht, so schließt das Wegeventil 11. Der Steuerdruckabbau in der Verstellrichtung 6 wird daher beim vollständigen Schließen des Wegeventils 11 ganz unterbrochen. Infolgedessen verharrt das Schluckvolumen des Hydromotors 4 auf dem erreichten Wert.

Die Fig. 3a und 3b sind zu den Fig. 2a und 2b analoge Darstellungen, wobei nunmehr die infolge der erfindungsgemäßen Bremsmoment-Begrenzungsrichtung eingetretene Situation berücksichtigt ist.

Zur Zeit  $t = 0,5$  s wird die Grenzdrehzahl der Antriebsmaschine 1 erreicht, so daß das Wegeventil 11 in Schließstellung schaltet (nicht dargestellt). Das Schluckvolumen des Hydromotors 4 erhöht sich daher nicht mehr weiter sondern verharrt auf dem erreichten Wert. Die Abbremsung ändert sich deshalb bis zum Zeitpunkt  $t = 1,6$  s kaum. Zu diesem Zeitpunkt wird die Grenzdrehzahl der Antriebsmaschine 1 wieder unterschritten und das Wegeventil 11 öffnet. Der Steuerdruckabbau in der Steuerdruckleitung S setzt sich daher fort und das Schluckvolumen des Hydromotors 4 erhöht sich. Infolgedessen wird jetzt ein größeres Bremsmoment aufgebaut, so daß zur Zeit  $t = 2,2$  s mit 33% Abbremsung ein zulässiger Maximalwert erreicht wird.

In Fig. 4 ist eine zweite Ausgestaltung der Erfindung dargestellt. Hierbei ist ein Wechselventil 14 vorgesehen, an dessen Ausgang die Steuerdruckleitung S und an dessen ersten Eingang der Steuerdruckgeber 9 angeschlossen ist. Der zweite Eingang des Wechselventils 14 ist mit der Förderleitung F der Konstantpumpe 10 stromauf der Meßblende 12 verbunden, wobei in diesem Leitungsabschnitt zwischen der Konstantpumpe 10 und dem Wechselventil 14 das Wegeventil 11, eine nachgeschaltete Blende 15 und ein Druckbegrenzungsventil 13 angeordnet sind. Das Wegeventil 11 ist in gemäß dieser Ausgestaltung in Richtung zur Sperrstellung von der Kraft einer Feder und dem Druck stromab der Meßblende 12 beaufschlagt. In Richtung zur Öffnungsstellung erfolgt die Beaufschlagung des Wegeventils 11 durch den Druck stromauf der Meßblende 12. Das Wechselventil 14 dient der Auswahl des höheren der an den Eingängen anstehenden Drücke und gibt diesen an die Verstellvorrichtung 6 zur Einstellung des Schluckvo-



lumen des Hydromotors 4 weiter, so daß selbsttätig zwischen Fahren (Steuerdruck vom Steuerdruckgeber 9) und Bremsen (kein Steuerdruck vom Steuerdruckgeber 9; gegebenenfalls Druckmittel von der Konstantpumpe 10 über geöffnetes Wegeventil 11) unterschieden wird. Beim Bremsen, wenn bei entsprechend großer Druckdifferenz an der Meßblende 12 das Wegeventil 11 in Öffnungsstellung geschaltet ist, fließt Druckmittel aus der Konstantpumpe 10 über das Wegeventil 11, die nachgeschaltete Blende 15 und das Wechselventil 14 zur Verstellvorrichtung 6 des Hydromotors 4. Das Druckbegrenzungsventil 13 gibt dabei einen bestimmten Druck vor, während die Blende 15 den durch das Wegeventil 11 fließenden Druckmittelstrom begrenzt, da andernfalls der gesamte, von der Konstantpumpe 10 geförderte Druckmittelstrom über das Druckbegrenzungsventil 13 abfließen würde.

In Fig. 5 ist eine Weiterbildung der eben beschriebenen Ausgestaltung gezeigt. Hierbei ist die Federseite des Druckbegrenzungsventils 13 zusätzlich mit dem Druck stromauf der Meßblende 12 beaufschlagt. Dadurch wird das Schluckvolumen des Hydromotors 4 in Abhängigkeit von dem Wert, um den die Grenzdrehzahl der Antriebsmaschine 1 überschritten ist, eingestellt. Der vom Druckbegrenzungsventil 13 zur Verfügung gestellte und der Verstellvorrichtung 6 des Hydromotors 4 mitgeteilte Druck bestimmt sich dabei in Abhängigkeit von der Druckdifferenz an der Meßblende 12, da zum Öffnen des Druckbegrenzungsventils 13 nicht nur die Federkraft, sondern die von einem kleinen Zylinder-Kolben-Aggregat erzeugte Kraft überwunden werden muß.

Zweckmäßigerweise ist bei Anwendung der Erfindung auf ein Flurförderzeug mit einer Hubhydraulik die Konstantpumpe 10 als Pumpe für die Hubhydraulik vorgesehen, so daß keine eigens für die Bremsmoment-Begrenzungseinrichtung vorgesehene Meßpumpe erforderlich ist.

Die Einstellung des Schluckvolumens des Hydromotors 4 kann, wie im Ausführungsbeispiel gezeigt, sowohl direkt erfolgen als auch indirekt, also vorgesteuert, wobei dann der vom Steuerdruckgeber 9 bzw. von der Bremsmoment-Begrenzungseinrichtung B vorgegebene Druck den Sollwert für eine Lageregelung bildet.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Abbremsen eines Fahrzeugs mit hydrostatischem Fahrtrieb, bei dem zumindest ein verstellbarer Hydromotor des hydrostatischen Fahrtriebs in Richtung auf das größtmögliche Schluckvolumen verstellt wird, wobei die Bewegungsenergie des Fahrzeugs zum einen Teil in eine Antriebsmaschine eingeleitet und zum anderen Teil durch Druckbegrenzungsventile im hydrostatischen Fahrtrieb abgebaut wird, dadurch gekennzeichnet, daß bei Überschreiten einer Grenzdrehzahl der Antriebsmaschine (1) während des Abbremsens die erreichte Schluckvolumeneinstellung des Hydromotors (4) so lange beibehalten oder das Schluckvolumen so lange auf einen definierten Wert festgesetzt wird, bis die Grenzdrehzahl wieder unterschritten ist, woraufhin die Verstellung des Hydromotors (4) in Richtung auf das größtmögliche Schluckvolumen fortgesetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein Steuerdruck in einem Steuerdruckgeber erzeugt, das Schluckvolumen des Hydromotors durch den Steuer-

druck eingestellt und der Steuerdruck zur Schluckvolumenerhöhung des Hydromotors beim Bremsen verringert wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuerdruck durch eine in Abhängigkeit von der Drehzahl der Antriebsmaschine (1) wirksame Bremsmoment-Begrenzungseinrichtung (B) beeinflusst wird.

3. Fahrzeug mit einer Antriebsmaschine und einem hydrostatischem Fahrtrieb, der eine Hydropumpe und einen im geschlossenen Kreislauf daran angeschlossenen Hydromotor mit verstellbarem Schluckvolumen aufweist, wobei die Bewegungsenergie des Fahrzeugs beim Abbremsen zum einen Teil in die Antriebsmaschine einleitbar und zum anderen Teil durch Druckbegrenzungsventile, die im hydrostatischen Fahrtrieb angeordnet sind, abbaubar ist, wobei das Schluckvolumen des Hydromotors zum Abbremsen vergrößerbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß eine bei Überschreiten einer Grenzdrehzahl der Antriebsmaschine (1) wirksame, die erreichte Schluckvolumeneinstellung des Hydromotors (4) bis zum Unterschreiten der Grenzdrehzahl beibehaltende oder das Schluckvolumen bis zum Unterschreiten der Grenzdrehzahl auf einen definierten Wert festsetzende Bremsmoment-Begrenzungseinrichtung (B) vorgesehen ist.

4. Fahrzeug nach Anspruch 3, wobei der Hydromotor eine Verstellvorrichtung zur Einstellung des Schluckvolumens aufweist, die entgegen einer in Richtung des größtmöglichen Schluckvolumens wirksamen Federkraft mit Steuerdruck beaufschlagbar und an eine mit einem Steuerdruckgeber in Verbindung stehende Steuerdruckleitung angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Bremsmoment-Begrenzungseinrichtung (B) zur Beeinflussung des Steuerdrucks in der Steuerdruckleitung (S) ausgebildet ist.

5. Fahrzeug nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bremsmoment-Begrenzungseinrichtung (B) eine von der Antriebsmaschine (1) angetriebene Konstantpumpe (10) aufweist, in deren Förderleitung (F) eine Meßblende (12) angeordnet ist, sowie ein an den Steuerdruckgeber (9) angeschlossenes, in der Steuerdruckleitung (S) angeordnetes Wegeventil (11) mit Sperr- und Durchflußstellung, das in Richtung zur Durchflußstellung von der Kraft einer Feder und einem vom Druck nach der Meßblende (12) abgeleiteten Signal beaufschlagbar ist und in Richtung zur Sperrstellung mit einem vom Druck vor der Meßblende (12) abgeleiteten Signal.

6. Fahrzeug nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerdruckleitung (S) an den Ausgang eines Wechselventils (14) angeschlossen ist, an dessen ersten Eingang der Steuerdruckgeber (9) angeschlossen ist und dessen zweiter Eingang unter Zwischenschaltung einer Blende (15) und eines stromab der Blende (15) angeordneten Druckbegrenzungsventils (13) mit dem Ausgang eines an die Konstantpumpe (10) stromauf der Meßblende (12) angeschlossen Wegeventils (11) mit Sperr- und Durchflußstellung in Verbindung steht, das in Sperrstellung von der Kraft einer Feder und einem vom Druck nach der Meßblende (12) abgeleiteten Signal beaufschlagbar ist und in Durchflußstellung mit einem vom Druck vor der Meßblende (12) abgeleiteten Signal.

7. Hydrostatischer Fahrtrieb nach Anspruch 5

oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Wegeventil (11) als in Zwischenstellungen drosselndes Wegeventil (11) ausgebildet ist.

8. Fahrzeug nach den Ansprüchen 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Federseite des Druckbegrenzungsventils (13) mit einem vom Druckstrom auf der Meßblende (12) abhängigen Signal beaufschlagbar ist.

9. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 5 bis 8, insbesondere Flurförderzeug mit einer Hubhydraulik, dadurch gekennzeichnet, daß die Konstantpumpe (10) als Pumpe für die Hubhydraulik vorgesehen ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

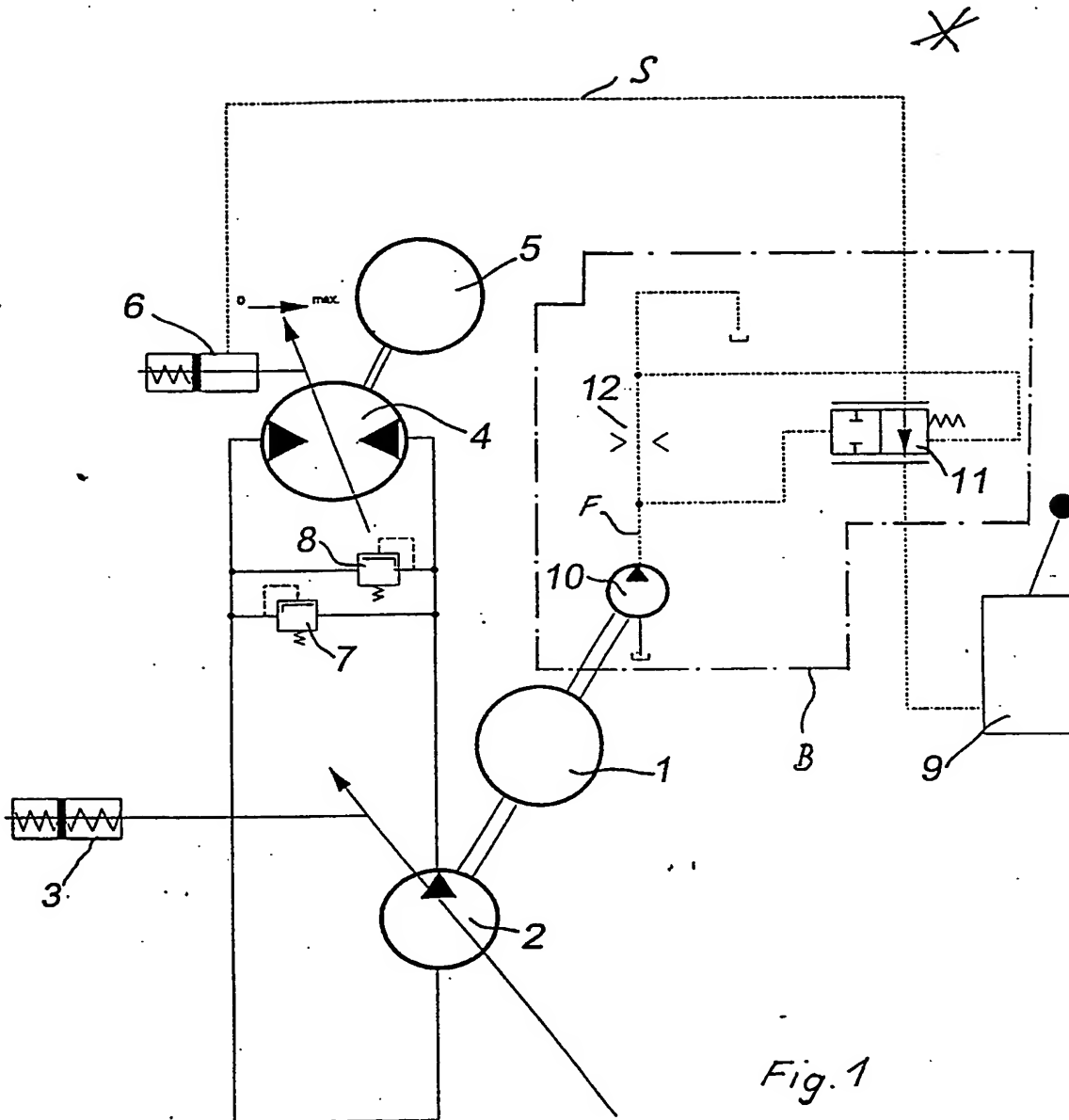
60

65

- Leerseite -

BEST AVAILABLE COPY





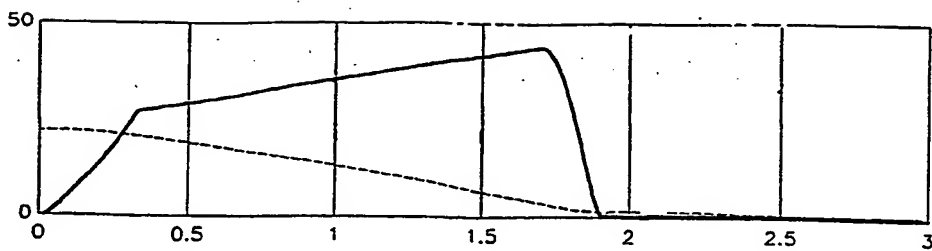


Fig. 2a

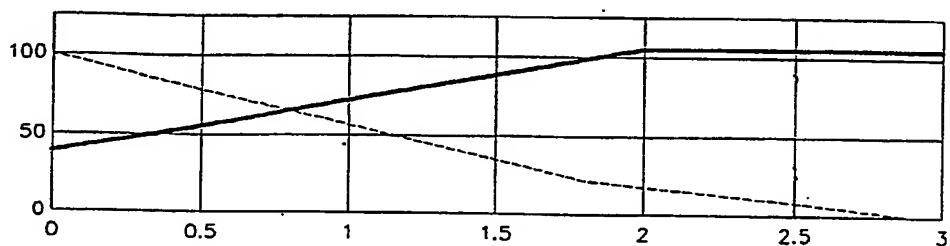


Fig. 2b

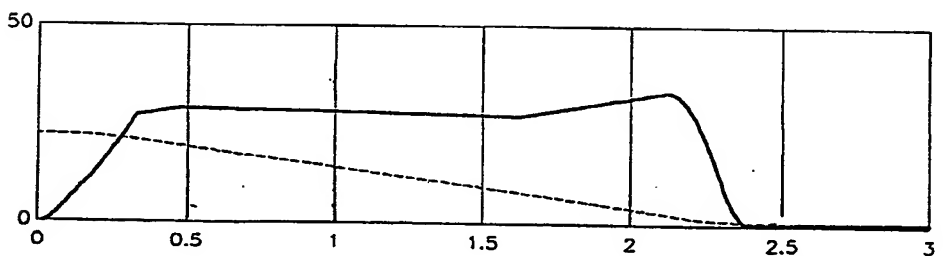


Fig. 3a

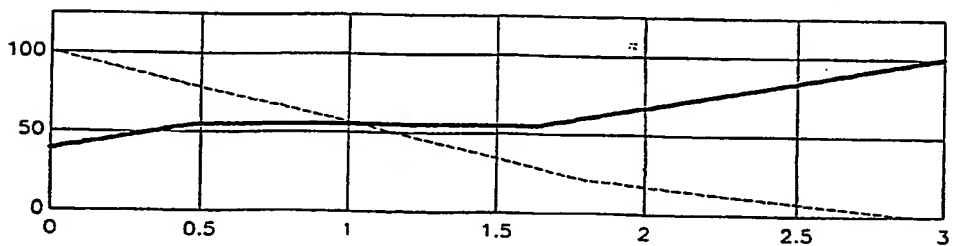


Fig. 3b

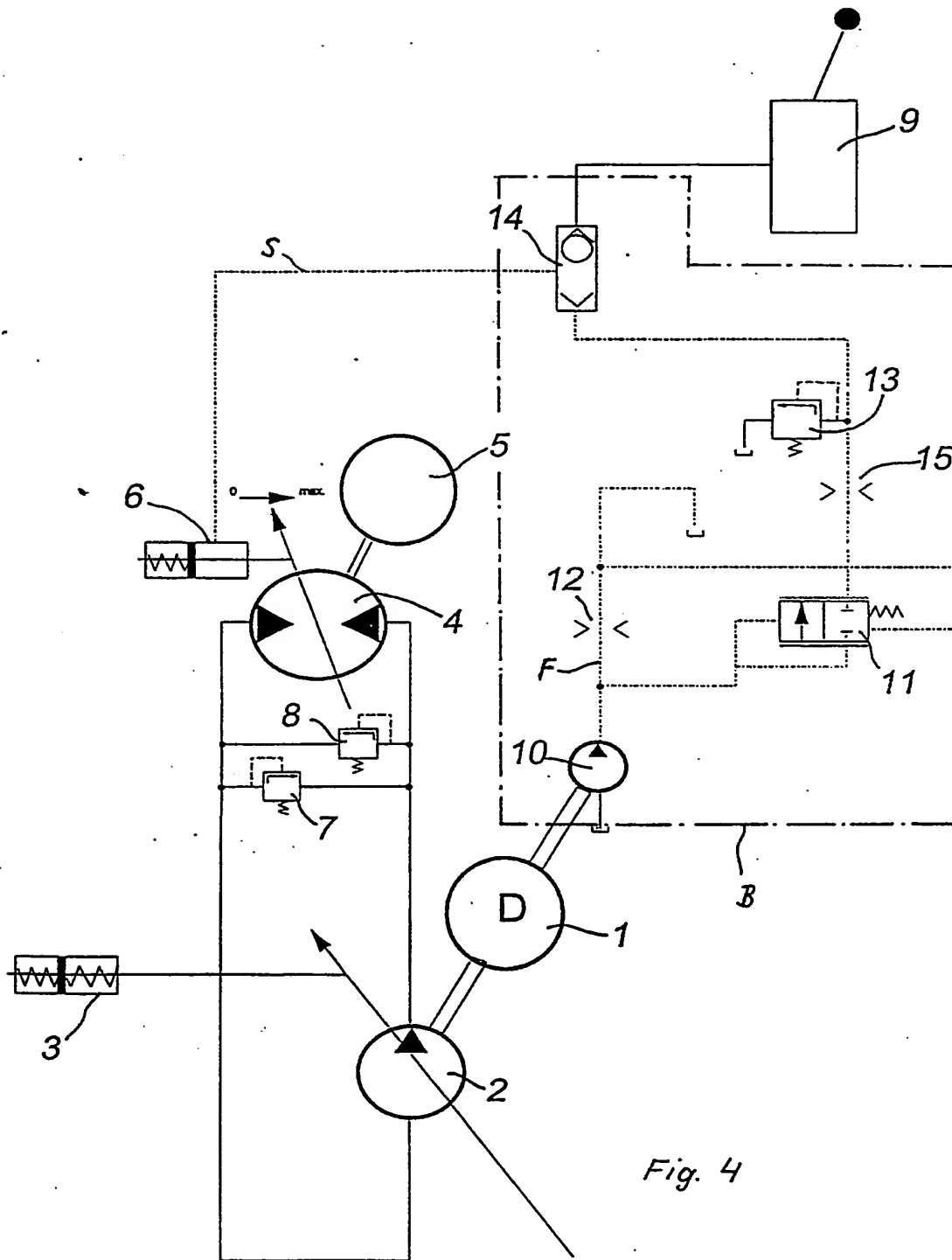


Fig. 4

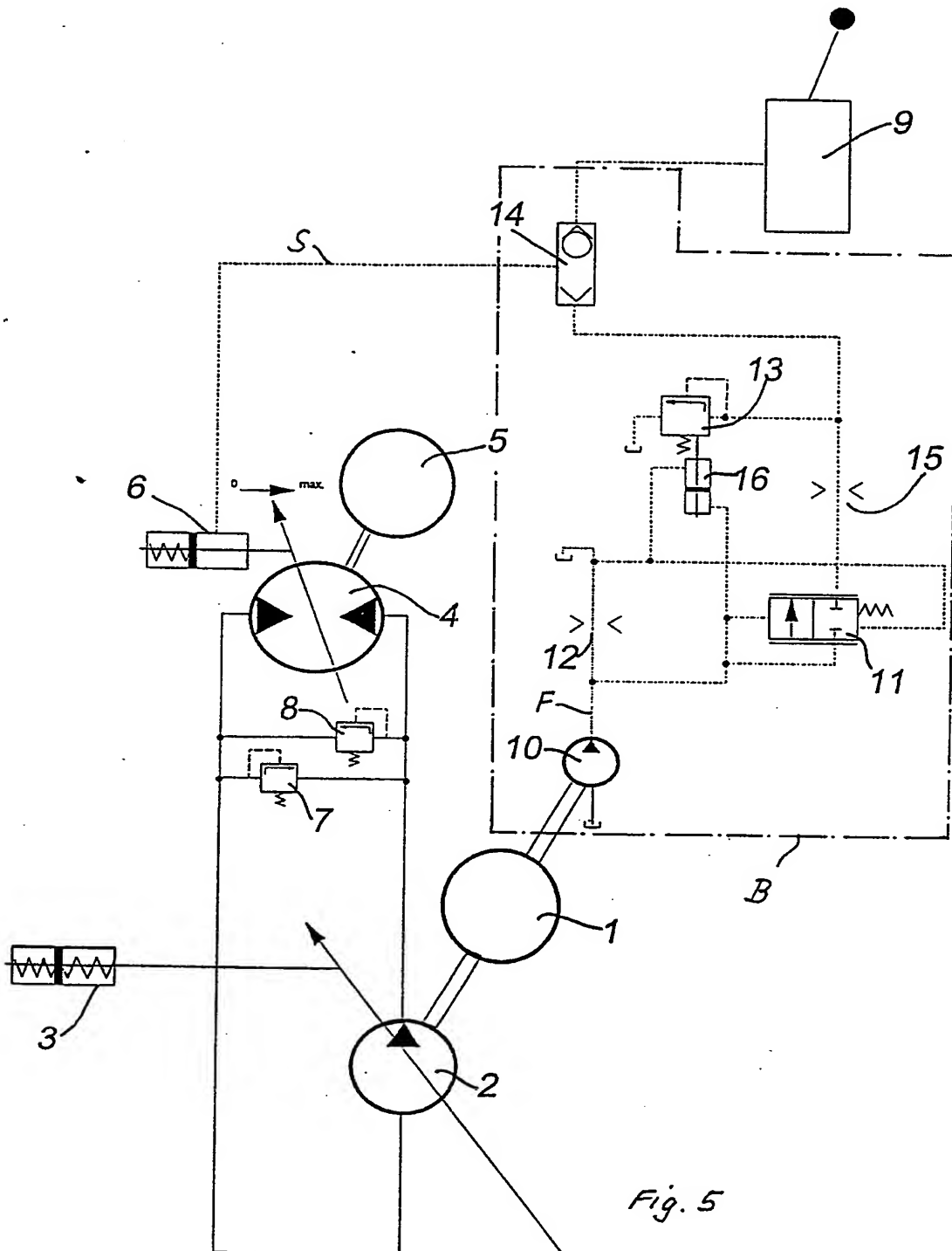


Fig. 5